УДК 621.396+681.518

Э.В.РЕМИЗОВ, Е.А.ЛУКЬЯНОВ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Приведены основные принципы построения системы мониторинга состояния шпиндельного узла токарного модуля на базе нечеткой логики. Проанализированы различные факторы, влияющие на точность обработки изделий на станках с ЧПУ и выбраны основные, влияние которых существенно. Представлена нечеткая система мониторинга и данные экспериментальной проверки результата работы разработанной системы.
Ключевые слова: *мониторинг, нечеткая логика, температурные деформации.*

Введение. Точность размера, формы и взаиморасположения поверхностей при лезвийной обработке деталей на металлорежущих станках определяется точностью взаиморасположения и относительных перемещений инструмента и заготовки. Естественным направлением обеспечения точности оборудования является повышение жесткостных параметров механических подсистем и стабилизация этих параметров как в краткосрочном, так и в длительном временном интервале. Однако в настоящее время для многих конструктивных методов повышения точности станков достигнуты пределы целесообразности их применения, в том числе из-за стоимости реализации. Например, некоторые производители для обеспечения минимальной изменчивости температурных полей станочных подсистем [1] используют термостабилизацию передач винт-гайка, направляющих, шпиндельных узлов (ШУ). Повышение точности обработки в этом случае обеспечивается значительным усложнением конструкции станка и его эксплуатации, включая ремонты и обслуживание. Стоимость таких решений высока и является приемлемой лишь для высокопрецизионного оборудования.

Для обеспечения гарантированной точности обработки деталей на токарном оборудовании предлагается учитывать текущее состояние шпиндельного узла. Это может быть реализовано, в частности, при использовании интеллектуальной системы управлении (ИСУ) [2]. Получение качественной и количественной оценки состояния шпиндельного узла может быть выполнено на основе интеллектуальной системы мониторинга.

Необходимость данной системы обусловлена также тем, что применяемые в настоящее время информационные системы станков с ЧПУ в основном используют информацию, необходимую для контурного, траекторного управления инструментом и не анализируют состояние механической подсистемы станка - жесткость, наличие зазоров и их изменение, изменение температуры, - которые в значительной степени определяют точность станка в каждый конкретный момент времени. В процессе работы имеют место быстро и медленно изменяющиеся параметры механической подсистемы. Полная же проверка характеристик станка является не целесообразной из-за простоя оборудования при выполнении измерений. В условиях промышленной эксплуатации станка возможно организовать теку-

щий контроль за состоянием станочной системы, результаты которого могут быть использованы для корректировки управляющей программы обработки детали.

Постановка цели и задач. Целью исследований является повышение точности изготовления деталей на металлорежущем оборудовании за счет применения системы мониторинга состояния шпиндельного узла. При создании такой системы мониторинга решались следующие задачи:

1) разработка методики качественной оценки состояния шпиндельного узла на основе информации о его температурных полях. Оценка выполняется для основного параметра - радиальной жесткости шпинделя;
2) разработка методики определения текущего значения жесткости, не требующей вывода оборудования из процесса производства и участия оператора;
3) оценка возможности уточнения состояния шпиндельного узла на основе информации о реальных размерах обработанной детали;
4) определение порядка информационного взаимодействия системы мониторинга с интеллектуальной системой управления станком для передачи полученных качественных и количественных оценок состояния ШУ.

Методы решений. Для реализации поставленных задач была разработана система мониторинга состояния шпиндельного узла станка на базе нечеткой логики [3]. Обобщенно система мониторинга ШУ представлена тремя блоками (рис. 1):

1) блок обработки входной информации;
2) блок нечеткой обработки;
3) блок принятия решения;

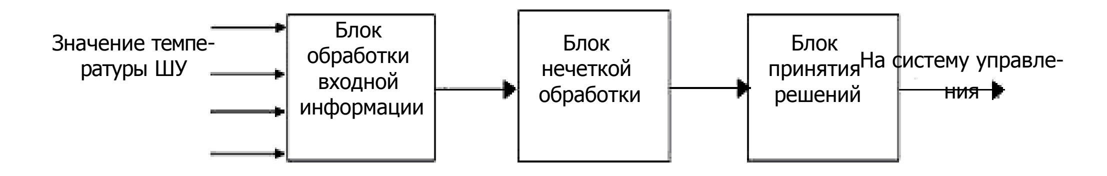


Рис.1. Обобщенная структурная схема нечеткой системы мониторинга состояния ШУ

В качестве входных данных используются значения температуры в четырех точка шпиндельного узла (рис.2), а также расчетное значение радиальной составляющей усилия резания, приложенной к консоли шпиндельного узла. Радиальная жесткость шпинделя в общем случае представляет собой функцию от реально действующей нагрузки, так как присутствуют контактные взаимодействия и деформации тел качения и колец подшипников. Для учета нелинейного характера изменения жесткости использована нечеткая система, которой производится нечеткая оценка состояния шпиндельного узла, а также расчет текущего значения жесткости шпиндельного узла.

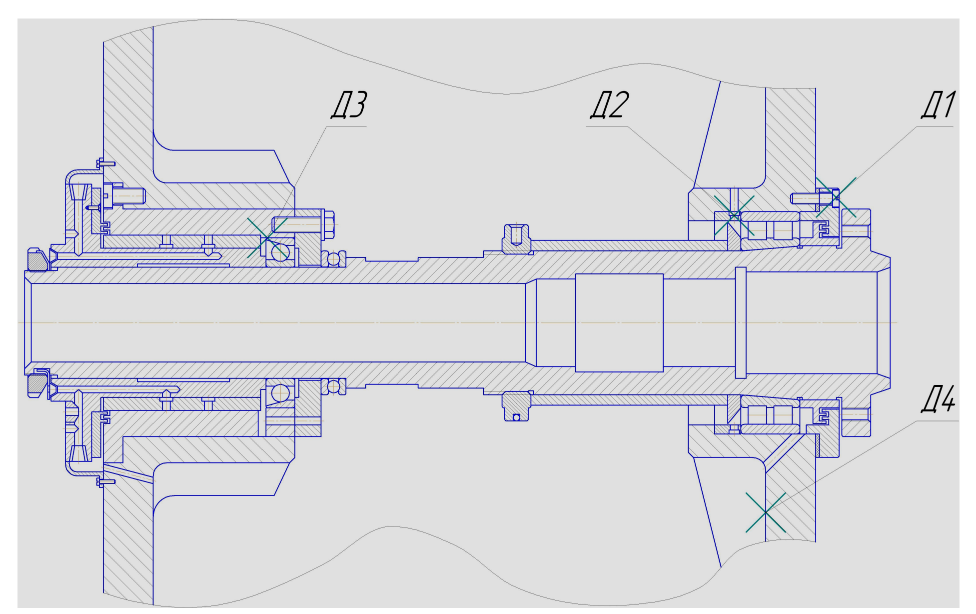


Рис.2. Схема расположения датчиков температуры
Д1,Д2,Д3,Д4-датчики температуры

При реализации системы мониторинга состояния ШУ определялись функции принадлежности входных нечетких переменных, для чего использовалась гибридная нейронная сеть. Функции принадлежности определялись в соответствии с методикой ANFIS, представляющей собой объединение нечетких правил продукции и нейронной сети для обучения системы нечеткой логики. Применяя обученную гибридную нейронную сеть, можно с достаточной для практических целей точностью получать значения жесткости шпиндельного узла в процессе работы станка. Для этого достаточно подать на вход системы мониторинга значения температуры с датчиков, установленных в шпиндельном узле, и нагрузку усилия резания.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Разработанная модель нечеткой системы мониторинга шпиндельного узла проверялась экспериментально. Непосредственные измерения жесткости шпиндельного узла и ее изменения при различных значениях температур контрольных точек шпиндельной бабки позволили сделать следующие заключения. Радиальная жесткость шпинделя при температуре 20 C^0 имеет значение порядка 10^8 Н/м. С ростом температуры шпиндельной бабки имеет место уменьшение (рис.3) радиальной жесткости шпинделя, что объясняется температурными деформациями подшипниковых опор и других элементов шпиндельного узла, до значений порядка 10^7 Н/м.

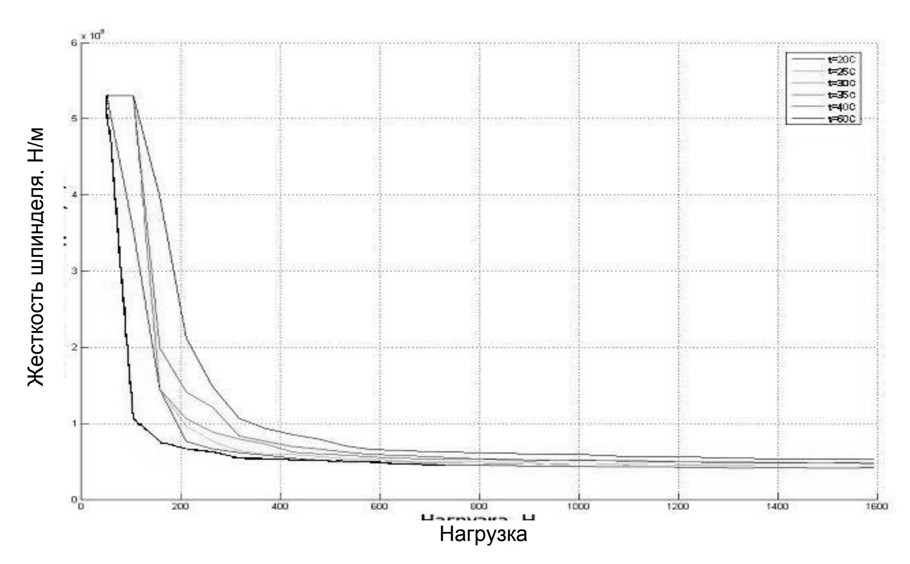


Рис.3. Зависимости жесткости шпиндельных узлов от прикладываемой нагрузки

Проверка нечеткой системы мониторинга выполнялась после уточнения функций принадлежности нечетких переменных и подтвердила возможность осуществления мониторинга состоянии шпиндельного узла станка в процессе его работы.

На рис.4 приведено сравнение экспериментальных данных со значениями системы мониторинга состояния ШУ.

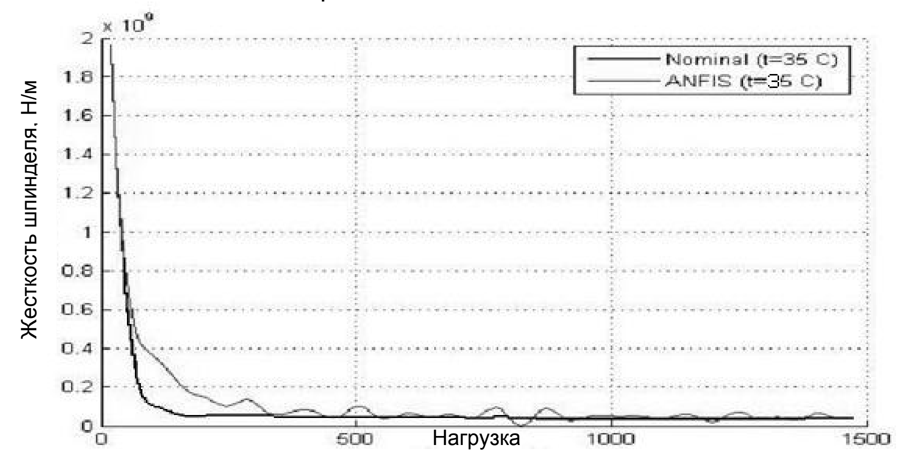


Рис.4. Зависимости жесткости шпиндельных узлов, полученные в результате моделирования (ANFIS), и экспериментальные данные(Nominal)

Выводы. Использование нечеткой логики позволило разработать систему мониторинга состояния ШУ, выполняющей нечеткую оценку состояния шпиндельного узла станка и определяющей текущее значение радиальной жесткости шпинделя на основе информации о температурном поле шпиндельного узла и действующей на шпиндель нагрузки.

Экспериментальная проверка показала соответствие значений жесткости ШУ при изменении его температуры, определенных НС мониторинга.

Применение НС мониторинга может обеспечить повышение точности обработки деталей за счет учета реального состояния ШУ при разработке или коррекции управляющих программ для систем ЧПУ.

Библиографический список

1. *Тугенгольд А.К.* Интеллектуальное управление мехатронными технологическими системами / А.К.Тугенгольд, Е.А.Лукьянов. - Ростов н/д: Издательский центр ДГТУ, 2004 – 117 с.
2. *Тугенгольд А.К.* Система управления станком, обеспечивающая повышенную точность обработки // СТИН. - 1999. - №8. - С.21-26.
3. *Takagi T., Sugeno M.* Fuzzy Identification of Systems and its Applications to Modeling and Control // IEEE Trans on Systems, Man, Cybern., 15(1), 1985. P. 116–132

Материал поступил в редакцию 21.04.08.

E.V.REMIZOV, E.A.LUKIYANOV

INTELLECTUAL MONITORING SPINDLE NODE ON BASE OF THE FUZZY LOGIC

In article there are brought the cardinal principles of creation of the spindle node condition monitoring system of turning unit based on fuzzy-logic. There will be analyzed different factors, influencing upon accuracy of the processing product on machine tool with CNC and are chose the main influence. The fuzzy-logic monitoring system and experimental checking data of the result of the designed system functioning will be presented.

РЕМИЗОВ Эдуард Викторович (р.1982), аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов» ДГТУ. Окончил ДГТУ (2006).
Научные интересы: системы искусственного интеллекта, адаптивные системы управления.
Автор 5 научных публикаций.

ЛУКЬЯНОВ Евгений Анатольевич (р.1958), кандидат технических наук, доцент кафедры «Робототехника и мехатроника» ДГТУ (1991). Окончил РИСХМ (1981).
Научные интересы: системы искусственного интеллекта, адаптивные системы управления.
Автор 75 научных работ.